

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# Appts. for depositing layers in gas phase on substrate

Patent number: DE4446992  
Publication date: 1995-07-20  
Inventor: JUERGENSEN HOLGER (DE); DESCHLER MARC (DE); SCHULTE FRANK (DE); STRAUCH GERT (DE)  
Applicant: AIXTRON GMBH (DE)  
Classification:  
- international: H01J37/32; H01L21/68; C23C14/50; H05B3/02; H05B6/02; H05B6/36; H01L39/24; H01L21/21  
- european: C23C16/46; H01L21/68; C23C16/458B  
Application number: DE19944446992 19941228  
Priority number(s): DE19944446992 19941228; DE19944401457 19940119; DE19944404468 19940211

## Abstract of DE4446992

Appts. for depositing layers in gas phase on a substrate comprises a horizontally heated reactor, in which is arranged a substrate holder and substrate holder carrier. To deposit the layers at temps. of 1100 deg C and over, the holder is made of high temp.-resistant conducting material, e.g. graphite or SiC, and the carrier is made of quartz and can be cooled. The carrier (1) is raised by a gas stream opposite the holder. The holder is heated using a resistance heater or inductively or rf-inductively. The substrate is heated using a high freq. heater, which is arranged directly below the holder and is a spiral-shaped flat coil (2). The heat capacity of the holder and the substrate is low such that the heating rate is not more than 10 deg C/s. A homogeneous electrical and/or magnetic field is produced to heat the

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 44 46 992 A 1

21 Aktenzeichen: P 44 46 992.6  
22 Anmeldetag: 28. 12. 94  
43 Offenlegungstag: 20. 7. 95

61 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
H 01 J 37/32  
H 01 L 21/68  
C 23 C 14/50  
H 05 B 3/02  
H 05 B 6/02  
H 05 B 6/36  
// H 01 L 39/24, 21/205

DE 44 46 992 A 1

30 Innere Priorität: 32 33 31  
19.01.94 DE 44 01 457.0 11.02.94 DE 44 04 468.2

71 Anmelder:  
Aixtron GmbH, 52072 Aachen, DE

74 Vertreter:  
Münich, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Rösler, U.,  
Dipl.-Phys.Univ., Pat.-Anwälte, 80688 München;  
Steinmann, O., Dr., Rechtsanw., 81677 München

72 Erfinder:  
Jürgensen, Holger, 52072 Aachen, DE; Deschler,  
Marc, 52074 Aachen, DE; Schulte, Frank, 47167  
Duisburg, DE; Strauch, Gert, 52072 Aachen, DE

54 Vorrichtung zum Abscheiden von Schichten auf Substraten

57 Beschrieben wird eine Vorrichtung zum Abscheiden von Schichten aus der Gasphase auf einem Substrat, mit einem beheizbaren horizontalen Reaktor, in dem ein Substrathalte-Träger und ein Substrathalter angeordnet sind. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß zum Abscheiden von Schichten bei Temperaturen von 1100°C und mehr der Substrathalter aus einem hochtemperaturfesten leitenden Material, wie Graphit oder SiC, und der Substrathalte-Träger aus Quarz bestehen, und daß der Substrathalte-Träger gekühlt wird. Ferner weist der Substrathalte-Träger mindestens 2 Flachspulen auf.

DE 44 46 992 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Abscheiden von Schichten aus der Gasphase auf einem Substrat, mit einem beheizbaren horizontalen Reaktor, in dem ein Substrathalte-Träger und ein Substrathalter angeordnet sind.

Derartige Vorrichtungen werden beispielsweise zur Herstellung von Halbleitermaterialien, wie z. B. III/V-Halbleitern oder II/VI-Halbleitern, oder supraleitenden Materialien eingesetzt. Auch die Herstellung epitaktischer Schichten auf Substrate wird durch eine solche Vorrichtung ermöglicht.

Zur Herstellung von den oben genannten Materialien werden verschiedene Methoden angewendet. Diese sind z. B. Molekularstrahlepitaxie (MBE), Chemical Vapour Deposition (CVD), Laserablation, RF-Magnetron-sputtern und andere. Bei allen Methoden ist es allerdings notwendig, einen Substrathalter vorzusehen, der heizbar ist, um ein möglichst gutes Schicht- bzw. Kristallwachstum zu erzielen.

Bekannte Heizungsanordnungen sind beispielsweise Widerstandsdrahtheizungen, Elektronenstrahlheizungen und Infrarotlicht-Heizungen. Heizungen bei denen elektrische Ströme verwendet werden haben jedoch allgemein den Nachteil, daß die verwendeten Ströme elektrische und magnetische Felder erzeugen, die den Materialauftrag auf das Substrat beeinflussen. So erzeugen inhomogene Felder z. B. ungleichmäßig dicke Aufdampfschichten oder lokal inhomogene Stöchiometrien des aufgedampften Materials.

Neben der Frage nach der optimalen Heizung muß zudem auch die Materialfrage bezüglich aller im Reaktor vorzusehenden Komponenten geklärt sein. So sind die Substrathalter, Substrathalteträger und alle weiteren am Abscheideprozeß relevanten Komponenten aus Materialien zu fertigen, die den hohen Betriebstemperaturen während des Abscheideprozesses stand halten.

Seit einiger Zeit werden verstärkt Materialien eingesetzt, zu deren Herstellung Temperaturen von mehr als 1100°C erforderlich sind. Für Temperaturen von mehr als 1100°C sind Vorrichtungen aus Quarz nicht geeignet. Deshalb sind für die Herstellung dieser Materialien Vorrichtungen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 entwickelt worden, die vollständig aus einem Material bestehen, das bei Temperaturen von mehr als 1100°C eingesetzt werden kann. Beispiele für derartige Materialien sind Graphit oder SiC. Graphit hat den Vorteil, daß er einfach zu bearbeiten ist. Nachteilig ist jedoch, daß Graphit bei Temperaturen von mehr als ca. 600°C mit Sauerstoff reagiert. SiC hat den Vorteil, daß es auch bei Temperaturen von mehr als 1100°C nicht mit Sauerstoff reagiert, die Bearbeitung von SiC ist jedoch schwierig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Abscheiden von Schichten aus der Gasphase auf einem Substrat mit heizbaren Substrathaltern derart weiterzubilden, daß zum einen in ihr Schichten bei Temperaturen von mehr als 1100°C hergestellt werden können, ohne daß die Vorrichtung gänzlich aus Materialien besteht, die schwierig zu bearbeiten sind, oder die bereits bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen mit Luft reagieren. Ferner soll durch eine geeignete Wahl einer Heizung ein Aufdampfen homogener Schichten möglich sein.

Erfindungsgemäß Lösungen dieser Aufgabe sind in den Ansprüchen 1 und 10 angegeben. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Abscheiden von Schichten bei Temperaturen von 1100°C und mehr weist einen Substrathalter aus einem hochtemperaturfesten leitenden Material, wie Graphit oder SiC, und einen Substrathalte-Träger aus Quarz aus, der kühlbar ist.

Anders ausgedrückt besteht bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung lediglich der Substrathalter aus einem hochtemperaturfesten Material. Da der Substrathalter vergleichsweise einfach aufgebaut ist, kann der ohne größere Schwierigkeiten aus einem kompliziert zu bearbeitenden Material, wie SiC hergestellt werden. Weiter ist es auch möglich, den Substrathalter aus einem vergleichsweise einfach zu bearbeitenden Material, wie Graphit herzustellen, das bereits bei erhöhten Temperaturen mit Sauerstoff reagiert, da der Substrathalter in der Vorrichtung vor Kontakt mit Luft geschützt ist.

In jedem Falle bestehen jedoch die kompliziert geformten Teile und insbesondere der Substrathalte-Träger aus Quarz. Die Herstellung dieser Teile aus Quarz hat nicht nur den Vorteil, daß Quarz einfach zu bearbeiten ist, sondern auch den weiteren Vorteil, daß für eine Reihe von Teilen auf Standardteile von Anlagen, die für Temperaturen von unter 1100°C gedacht sind, zurückgegriffen werden kann.

Durch die Kühlung des aus Quarz bestehenden Substrathalter-Trägers ist sicher gestellt, daß dieser nicht durch Wärmestrahlung auf Temperaturen aufgeheizt wird, bei denen Quarz nicht mehr eingesetzt werden kann.

Der Substrathalter kann in an sich bekannter Weise aufgebaut sein:

Beispielsweise ist der Substrathalter gemäß Anspruch 2 durch einen Gasstrom gegenüber dem Substrathalte-Träger anhebbar und/oder drehbar. Insbesondere kann das Anheben und/oder Drehen mittels "gas-foil-rotation" erfolgen. Darüberhinaus sind Substrathalter und Substrathalte-Träger gegeneinander thermisch isoliert.

Die Heizung des Substrathalters erfolgt in der nachfolgend beschriebenen Weise:

Nach Anspruch 3 ist der Substrathalter mittels Widerstandsheizung beheizbar. Alternativ sind induktive oder rf-induktive Heizsysteme am Substrathalter vorzusehen. Ferner sieht Anspruch 5 eine Hochfrequenzheizung zur Heizung des Substrats vor. Hierzu ist wenigstens eine spiralförmige Flachspule direkt unter dem Substrathalter anzubringen. Diese Ausbildung hat den Vorteil, daß bei kompakten Abmessungen ein effizienter Energieeintrag erfolgt.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat den weiteren Vorteil, daß es problemlos möglich ist, sie so zu gestalten, daß die Wärmekapazität des Substrathalters und des Substrats so gering ist, daß die Aufheizrate größer als 10°C/sec ist. Bei gänzlich aus Quarz oder SiC bestehenden Vorrichtungen wäre es dagegen nicht möglich, die Wärmekapazität so gering zu halten.

Da bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung der Substrathalter bei Temperaturen betrieben wird, die weit über der Einsatztemperatur von Quarz liegen, ist es besonders bevorzugt, wenn der Substrathalter auch während der Aufheizphase abgehoben und gedreht wird. Damit kann auch während der Aufheizphase und gegebenenfalls während der Abkühlphase der aus Quarz bestehende Substrathalte-Träger nicht geschädigt werden.

Wie bereits ausgeführt, hat die erfindungsgemäße Vorrichtung den Vorteil, daß mit Ausnahme des aus einem hochtemperaturfesten Material bestehenden

Substralthalter alle Teile aus nicht hochtemperaturfesten Materialien bestehen können. Insbesondere ist es bevorzugt, wenn das Reaktorrohr in an sich bekannter Weise aus Quarz besteht. Damit können für die erfindungsgemäße Vorrichtung Reaktorrohre verwendet werden, wie sie für bekannte Vorrichtungen standardmäßig hergestellt werden.

Desweiteren befinden sich erfindungsgemäß innerhalb der Substralthalte-Träger wenigstens zwei Flachspulen, an die ein Wechselfeld oder eine Wechselspannung angelegt ist. Die Flachspulen bestehen aus einem elektrisch leitenden Material, wie z. B. Kupfer oder Nichrothal, also eine Nickel-Chrom Legierung oder ein anderes geeignetes Material. Auch hier sollte das Material den Ansprüchen der gewünschten Temperaturbereiche genügen.

Durch die erfindungsgemäße Anordnung der Flachspulen ist es nunmehr möglich, den Substralthalter induktiv zu heizen, wobei ein relativ homogenes Feld am Substralthalter erzeugt wird.

Als weitere Heizungsvarianten sind hier die RF-Induktion, die Wechselstromwiderstandsdraht-Heizung oder auch die Gleichstromwiderstandsdraht-Heizung zu nennen. Im letzten Fall sollte, um ein homogenes Feld zu erhalten, darauf geachtet werden, daß die Polaritäten der elektrischen Anschlüsse entsprechend gewählt wird.

Vorteilhafterweise sind wenigstens 2 Flachspulen zu verwenden, um ein homogenes Feld zu erhalten. Je mehr Flachspulen eingesetzt werden, um so homogener wird das Feld. Allerdings, wird bei zu vielen Flachspulen der Aufbau störanfällig und kostenintensiv. Außerdem werden dann immer kleinere Komponenten benötigt, die leicht brechen oder deformierbar sind und deren Justage aufwendiger wird. Eine optimale Anzahl von Flachspulen beträgt zwischen 3 und 5. Besonders bevorzugt sind 4 Flachspulen.

Ferner ist zur Ausbildung und Nachjustierung einer homogenen Temperaturverteilung innerhalb der Abscheidevorrichtung die Möglichkeit vorgesehen, die einzelnen Flachspulen relativ zueinander räumlich auszurichten. Ebenso ist es möglich die Spulengeometrie jeder einzelnen Flachspule an die einzelnen Verhältnisse anzupassen. Durch geeigneten Eintrag der Hochfrequenzleistung bzw. Einkopplung in die Substralthalter kann darüberhinaus ein optimales Temperaturprofil eingestellt werden.

Vorteilhafterweise sind für jede Flachspule einzelne HF-Generatoren vorgesehen, wodurch eine einzelne, gezielte Anpassung der elektrischen Verhältnisse pro Spule vornehmbar ist. Alternativ ist ein zentraler HF-Generator für die Ansteuerung der Flachspulen vorgesehen.

Eine erfindungsgemäße Ausführungsform die Heizvorrichtung betreffend wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung exemplarisch beschrieben, auf die im übrigen bezüglich der Offenbarung aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich verwiesen wird. Es zeigt:

Fig. 1 Eine erfindungsgemäßer Substralthalte-Träger in der Aufsicht.

Fig. 1 zeigt einen erfindungsgemäßen Substralthalte-Träger 1, der vier Flachspulen 2 aufweist. Die Flachspulen 2 sind konzentrisch angeordnet. Es wurde versucht, die Flachspulen 2 möglichst mit hoher Symmetrie auszustatten.

Die elektrischen Anschlüsse 3 und 4 liegen am Rand

des Trägers 1. Ein Teil der Leitung 5 der Flachspule 2 liegt verdeckt durch den oberen Teil und verbindet die Mitte der Flachspule 2 mit dem elektrischen Anschluß 3.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Abscheiden von Schichten aus der Gasphase auf einem Substrat, mit einem horizontalen beheizbaren Reaktor, in dem ein Substralthalte-Träger und ein Substralthalter angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß zum Abscheiden von Schichten bei Temperaturen von 1100°C und mehr der Substralthalter aus einem hochtemperaturfesten leitenden Material, wie Graphit oder SiC, und der Substralthalte-Träger aus Quarz bestehen, und daß der Substralthalte-Träger kühlbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Substralthalte-Träger durch einen Gasstrom gegenüber dem Substralthalter angehoben wird und thermisch isoliert ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Substralthalter mittels Widerstandsheizung beheizbar ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Substralthalter induktiv oder rf-induktiv beheizbar ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Heizung des Substrats eine Hochfrequenzheizung vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochfrequenzheizung wenigstens eine spiralförmige Flachspule aufweist, die direkt unter dem Substralthalter angeordnet ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmekapazität des Substralthalters und des Substrats so gering ist, daß die Aufheizrate größer als 10°C/s ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Reaktorrohr in an sich bekannter Weise aus Quarz besteht.
9. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Heizung vorgesehenen Flachspulen ein homogenes elektrisches und/oder magnetisches Feld erzeugen.
10. Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Substralthalte-Träger mindestens 2 Flachspulen aufweist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Heizung vorgesehenen Flachspulen ein homogenes elektrisches und/oder magnetisches Feld erzeugen.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß 3, 4, oder 5 Flachspulen vorgesehen sind.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizung induktiv oder rf-induktiv erfolgt.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Flachspulen am Substralthalte-Träger beweglich angebracht sind, so daß die räumliche Anordnung der Flachspulen untereinander sowie die Ausbildung der einzelnen Flachspulen veränderbar sind.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochfrequenzspeisung an den Flachspulen mit einem

einigen zentralen HF-Generator oder für jede  
Flachspule einzeln vorgesehenen HF-Generator  
rfolgt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

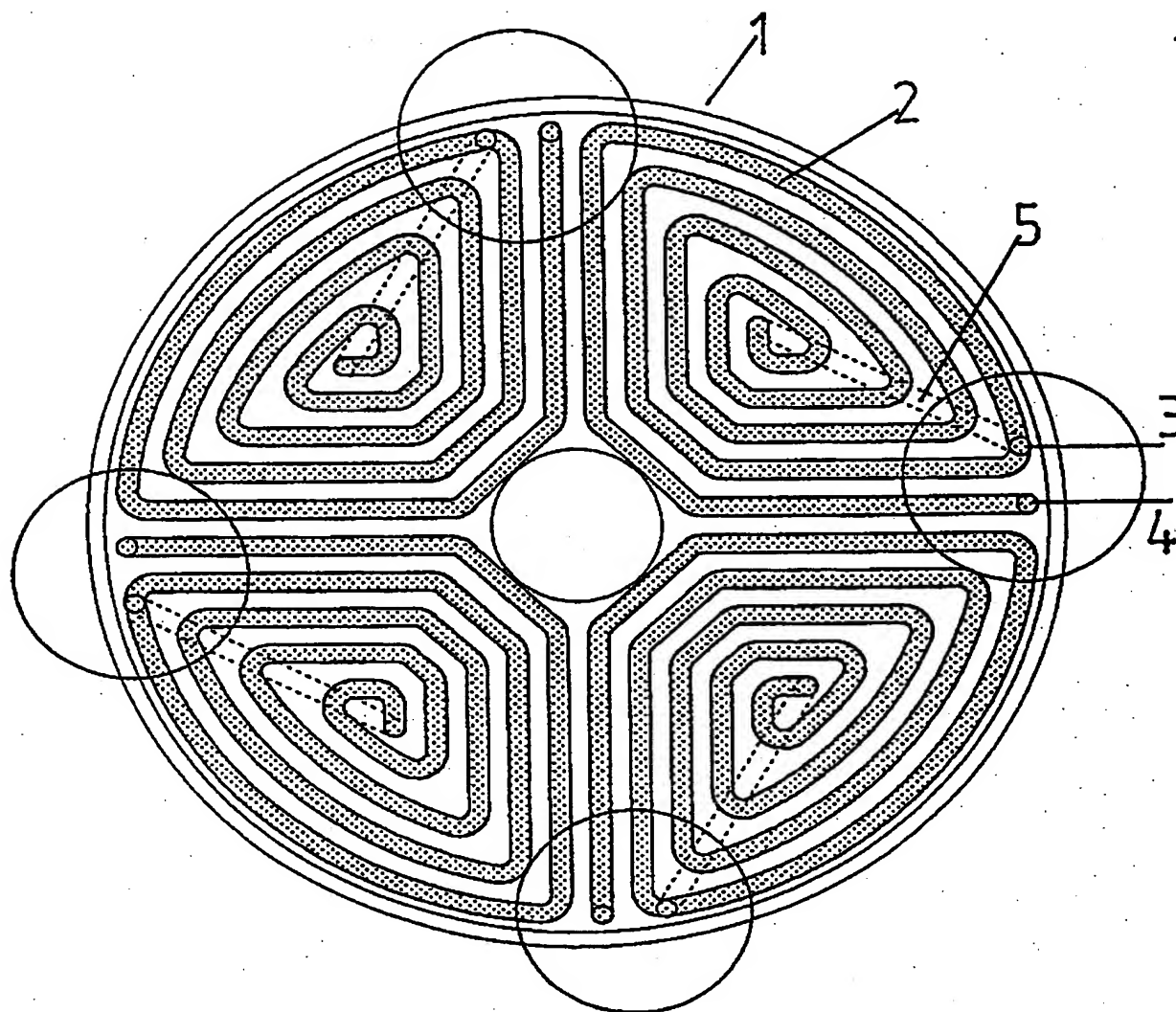


Fig.1